

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 100 27 925 A 1

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 64 D 13/06**  
F 28 F 27/00

DE 100 27 925 A 1

(21) Aktenzeichen: 100 27 925.2  
(22) Anmeldetag: 6. 6. 2000  
(43) Offenlegungstag: 20. 12. 2001

(71) Anmelder:  
Dornier GmbH, 88039 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:  
Leupolt, Andreas, 88263 Horgenzell, DE; Scherber,  
Werner, Dr., 88697 Bermatingen, DE

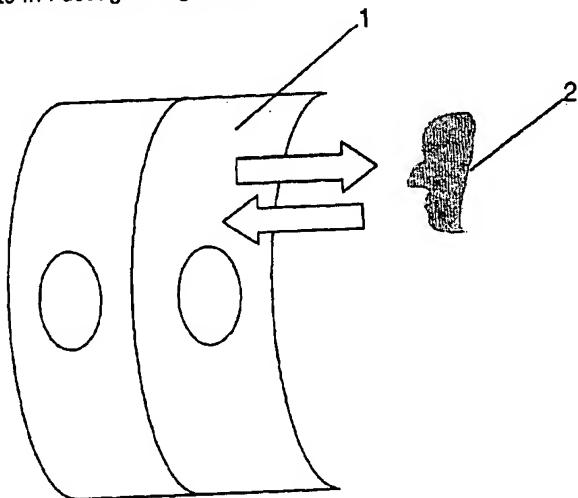
(56) Entgegenhaltungen:  
DE 30 27 256 C2  
DE 24 17 927 A  
DE 6 94 04 690 T2  
DE 6 92 10 860 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Einrichtung zur Verbesserung des thermischen Komforts in Passagierflugzeugen

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Verbesserung des thermischen Komforts in Passagierflugzeugen. Gemäß der Erfindung sind an den Innenoberflächen der Flugzeug-Kabinenwandung Beschichtungen mit niedrigen thermischen Emissionskoeffizienten vorhanden.



DE 100 27 925 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Verbesserung des thermischen Komforts in Passagierflugzeugen. [0002] Aus der Klimamesstechnik ist bekannt, dass thermische Behaglichkeit, also die Gewährleistung einer Zufriedenheit mit der klimatischen Umgebung, eine ausgeglichene Wärmebilanz des Menschen mit seiner thermischen Umgebung voraussetzt. Die vom Menschen produzierte Wärme muss gleich der an die Umgebung abgeführten Wärme sein. Abweichungen führen zu physiologischen Reaktionen, die, innerhalb individueller Toleranzbereiche, zunehmend als unangenehm empfunden werden. Thermische Unbehaglichkeit durch zu viel Wärme ist z. B. mit Schwitzen verbunden, wogegen Unbehaglichkeit durch Kälte zu einer Erhöhung des Stoffwechsels und verstärkter Muskelaktivität z. B. Zittern führt.

[0003] Neben dem Aktivitätsgrad des betreffenden Menschen und dem Wärmeisolationsgrad der Bekleidung sind die zwei wichtigsten äußeren Einflussgrößen auf die thermische Behaglichkeit von der unmittelbaren thermischen Umgebung bestimmt:

- Geschwindigkeit, Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebungsluft sowie
- Temperatur der Umschließungsflächen, mit der ein Mensch im Strahlungsaustausch steht.

[0004] Das Zusammenwirken von Lufttemperatur und Strahlungstemperatur der den Menschen umgebenden Umschließungsflächen beeinflusst in hohem Maße das thermische Empfinden. So kann in gewissem Umfang bei niedrigen Lufttemperaturen eine erhöhte Strahlungstemperatur zu einem hohen thermischen Komfort des Raumklimas beitragen. Andererseits müssen niedrige Strahlungstemperaturen durch eine Erhöhung der Lufttemperatur kompensiert werden. Die Raumklimamesstechnik zeigt, dass zur Bewertung einer thermischen Umgebung diese Zusammenhänge berücksichtigt werden müssen [1, 2].

[0005] Bei Passagierflugzeugen weisen diese Umschließungsflächen in der Reiseflughöhe wegen der niedrigen Außentemperatur, typischerweise weniger als -50°C, und der eingeschränkten Möglichkeit der Isolation niedrige Oberflächentemperaturen auf. Dies führt bei den üblicherweise verwendeten Werkstoffen der Umschließungsflächen zu niedrigen Strahlungstemperaturen. Bei Passagieren, die sich auf den Sitzplätzen in unmittelbarer Nähe dieser kalten Flächen befinden, tritt eine Strahlungsauskühlung ein, die besonders bei Langstreckenflügen als unangenehm empfunden wird.

[0006] Zusätzlich zu den sehr unterschiedlichen Klimabedingungen je nach Abstand des Sitzplatzes zu den Umschließungsflächen ist die Klimasituation am Sitzplatz stark unterschiedlich. Die großen Temperaturunterschiede der Strahlungstemperaturen führen zu einer unsymmetrischen Klimaumgebung für die jeweils linke oder rechte Körperhälfte, die als besonders unangenehm empfunden wird ("Kalter Schulter-Effekt"). Eine Kompensation des sehr ungünstigen Strahlungsklimas durch erhöhte lokale Lufttemperatur ist klimatechnisch nur sehr schwer zu realisieren.

[0007] Bei der Innenbeschichtung in Wärmeschutzverglasungen werden Beschichtungen mit niedrig emittierenden Eigenschaften zur Verbesserung der Isolationswirkung eingesetzt. Durch Hemmung des Strahlungsaustauschs zwischen innerer und äußerer Scheibe wird der Wärmeleitwert der Gesamtanordnung erniedrigt, wobei es zu einer Erhöhung der tatsächlichen Oberflächentemperatur der inneren Scheibe kommt.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, die ungünstige Kli-

masituation und damit den thermischen Komfort der Passagiere in Passagierflugzeugen zu verbessern.

[0009] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand weitere Unteransprüche.

[0010] Gemäß der Erfindung wird eine Beschichtung mit einem niedrigen thermischen Emissionskoeffizienten auf die Innenoberflächen der Flugzeug-Kabinenwandung aufgetragen.

[0011] Die Wärmestrahlung  $Q(T)$  eines Körpers mit der Oberflächentemperatur  $T_0$  setzt sich im wesentlichen aus der Eigenstrahlung des Körpers (1. Summand) und aus der reflektierten Umgebungsstrahlung mit einer Temperatur  $T_U$  (2. Summand) nach folgender Gleichung zusammen:

$$Q(T) \sim \epsilon \cdot T_0^4 + (1 - \epsilon) \cdot T_U^4 \quad (1)$$

[0012] Hierbei bedeutet  $\epsilon$  der thermische Emissionskoeffizient der Oberfläche des Körpers, wobei sich die Temperaturen jeweils auf die absolute Temperaturskala beziehen. Der thermische Emissionskoeffizient  $\epsilon$  ist eine Eigenschaft der Werkstoffoberfläche und gibt die Intensität an, mit der ein Körper Wärmestrahlung absorbiert und emittiert. Beim sogenannten "Schwarzen Strahler" ist der thermische Emissionskoeffizient maximal und beträgt 1. Bei den meisten Werkstoffoberflächen, z. B. dekorativen Oberflächen, handelt es sich um "Graue Strahler" mit einem Emissionswert nahe 1.

[0013] Aus der Gleichung (1) wird deutlich, dass eine Erniedrigung des thermischen Emissionskoeffizienten eine Verringerung der thermischen Abstrahlung der Oberfläche des Körpers zugunsten einer erhöhten Reflexion der Umgebungsstrahlung bewirkt. Bei zunehmender Reduzierung des thermischen Emissionskoeffizienten einer Oberfläche wird die Wärmestrahlung  $Q(T)$  immer weniger von der Oberflächentemperatur  $T_0$  des Körpers, sondern zunehmend von den Temperaturen  $T_U$  der von den Umschließungsflächen reflektierten Umgebungsstrahlung bestimmt.

[0014] Der thermische Emissionskoeffizient ist temperaturabhängig sowie wellenlängenabhängig. Bei üblichen Raumtemperaturen liegt das Strahlungsmaximum bei einer Wellenlänge von ca. 10 μm. Für die Verbesserung des thermischen Komforts in Passagierflugzeugen ist somit der thermische Emissionskoeffizient bei ca. 10 μm von Bedeutung.

[0015] Durch die erfindungsgemäße Beschichtung mit niedrigem thermischen Emissionskoeffizienten wird, im Gegensatz zu der Innenbeschichtung in Wärmeschutzverglasungen, nicht die tatsächliche Oberflächentemperatur, sondern die Strahlungstemperatur der Flugzeug-Kabinenwandung erhöht. Diese Erhöhung der Strahlungstemperatur, im weiteren als Umschließungsflächentemperatur bezeichnet, resultiert aus einer Reflexion in Form einer Spiegelung der Oberflächentemperaturen von Objekten aus dem Kabininnenraum (z. B. Passagiere, Sitze, Hatracks, etc.). Da die Oberflächentemperaturen dieser Objekte typischerweise mindestens Lufttemperatur aufweisen, wird eine deutliche Erhöhung der Umschließungsflächentemperatur erreicht und die Strahlungsauskühlung der Passagiere verringert.

[0016] Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass ein für den Passagier behagliches Strahlungsklima auf rein passivem Weg erreicht wird, ohne dass hierfür Klimatisierungsenergie benötigt wird, wodurch weitere Kosten eingespart werden können.

[0017] Es ergibt sich für den Passagier ein physiologischer Effekt, der darauf beruht, dass der Passagier selbst den Strahlungsaustausch zwischen sich und den Umschließungsflächen reguliert.

[0018] Ein weiterer Vorteil ist, dass die bisher verwende-

ten Materialien in dem Flugzeug-Innenraum weiter verwendbar sind, es muss lediglich die erfundungsgemäße niedrig emittierende Beschichtung aufgebracht werden.

[0019] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann die Beschichtung mit dem niedrigen thermischen Emissionekoeffizienten transparent leitfähig sein. Somit kann die Beschichtung auch auf transparente Materialien der Flugzeug-Kabinenwandung, z. B. Fenster, oder als unzureichende Beschichtung auf Seitenverkleidungssteilen der Flugzeug-Kabinenwandung aufgetragen werden.

[0020] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist die Beschichtung ein leitfähiger Metallocid, z. B. Indium-Zinn-Oxid.

[0021] Die Dicke der Metallocidschicht beträgt vorteilhaft weniger als 1 µm, insbesondere zwischen 200 nm und 500 nm. Durch die Dicke der Metallocidschicht kann die Leitfähigkeit und somit der thermische Emissionskoeffizient der Schicht variiert werden.

[0022] In einer vorteilhaften Ausführung ist der thermische Emissionskoeffizient kleiner als 0,5, insbesondere liegt der thermische Emissionskoeffizient im Bereich zwischen 0,1 und 0,3. Dadurch wird mindestens 50% der Wärmestrahlung aus dem Innern der Flugzeugkabine an der Flugzeug-Kabinenwandung reflektiert.

[0023] Insbesondere wird in der Flugzeugkabine die Beschichtung auf den Seitenverkleidungssteilen und den Fenstern, die aufgrund der sehr niedrigen Temperaturen besonders zur Strahlungsauskühlung beitragen, angebracht.

[0024] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung kann auf die Fenster, welche üblicherweise ein transparenter Kunststoff z. B. Polymethylmethacrylat (PMMA) oder Polycarbonat sind, eine erfundungsgemäße Beschichtung mit einem niedrigen thermischen Emissionskoeffizienten aufgebracht werden. Es ist auch möglich, auf die Fenster eine Folie eines transparenten Kunststoffs, welcher mit der erfundungsgemäßen niedrig emittierenden Beschichtung beschichtet ist, aufzubringen.

[0025] Für die Seitenverkleidungssteile kann in einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung die Beschichtung mit dem niedrigen thermischen Emissionskoeffizienten auf die in Flugzeugen üblicherweise zum Einsatz kommenden Kunststoffdekorfölienen, Polyvinylfluorid (PVF) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF), aufgebracht werden.

[0026] Durch die niedrig emittierenden Schichten wird eine Regulation des Strahlungsaustauschs des Passagiers gegenüber den Umschließungsfächern bewirkt, wobei die Umschließungsfächern entweder heiß oder kalt sein können. Dadurch wird eine neutrale Wärmebilanz, also weder eine übermäßige Wärmeaufnahme noch Wärmeabgabe an die Umgebung, gewährleistet.

[0027] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

[0028] Fig. 1: die Strahlungsverhältnisse zwischen der Innenoberfläche des Flugzeugs und dem Passagier ohne die erfundungsgemäße Beschichtung und

[0029] Fig. 2: die Strahlungsverhältnisse zwischen der Innenoberfläche des Flugzeugs und dem Passagier mit der erfundungsgemäßen Beschichtung.

[0030] In Fig. 1 sind die Strahlungsverhältnisse zwischen der Innenoberfläche 1 des Flugzeugs und dem Passagier 2 ohne eine Beschichtung mit niedrig emittierenden Eigenschaften dargestellt. Der Passagier 2 strahlt gemäß seiner Körpertemperatur Wärme ab. Die Innenoberfläche 1 strahlt gemäß ihrer Oberflächentemperatur Wärme ab. Da die Innenoberflächen 1 in Passagierflugzeugen aufgrund der niedrigen Außentemperaturen niedrige Oberflächentemperaturen aufweisen, führt dies zu niedrigen Strahlungstemperaturen. Dadurch kommt es zur Strahlungsauskühlung der Passagier. Dadurch kommt es zur Strahlungsauskühlung der Passagier.

sagiere.

[0031] In Fig. 2 sind die Strahlungsverhältnisse zwischen der Innenoberfläche 1 des Flugzeugs und dem Passagier 2 mit einer erfundungsgemäßen Beschichtung mit niedrigem thermischen Emissionskoeffizienten dargestellt. Der Passagier 2 strahlt gemäß seiner Körpertemperatur Wärme ab. Die Wärmeabstrahlung der Innenoberfläche 1 wird durch die erfundungsgemäße Beschichtung nicht von der tatsächlichen Oberflächentemperatur der Innenoberfläche 1 bestimmt, sondern von der Körpertemperatur des Passagiers 2. Somit wird eine Strahlungsauskühlung des Passagiers 2 verhindert.

## Literatur

- [1] Mayer E.; "Thermische Behaglichkeit in Räumen, neue Beurteilungs- und Meßmöglichkeiten"; Gesundheits-Ingenieur 110 (1987), Heft 1, S. 35-43.
- [2] Benzing T. H.; "Rating of Environment for Human Thermal Comfort by Resultant Surface Temperature"; Symposiumbeitrag zu Thermal Analysis-Human Comfort-Indoor Environments; National Bureau of Standard; Gaithersburg; MD 20760; 11. Februar 1977.

## Patentansprüche

1. Einrichtung zur Verbesserung des thermischen Komforts in Passagierflugzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass an den Innenoberflächen (2) der Flugzeug-Kabinenwandung eine Beschichtung mit einem niedrigen thermischen Emissionskoeffizienten vorhanden ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung eine transparent leitfähige Beschichtung ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung ein leitfähiges Metallocid, z. B. Indium-Zinn-Oxid, ist.
4. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Beschichtung weniger als 1 µm beträgt.
5. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung auf einen transparenten Kunststoff, z. B. auf PMMA oder Polycarbonat aufgebracht ist.
6. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung auf einer Kunststoffdekorfolie, z. B. auf PVF oder PVDF aufgebracht ist.
7. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der thermische Emissionsfaktor der Beschichtung kleiner als 0,5 ist, und insbesondere zwischen 0,1 und 0,3 liegt.
8. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung auf den Seitenverkleidungssteilen und/oder der Flugzeugverglasung der Flugzeugkabine, aufgebracht ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

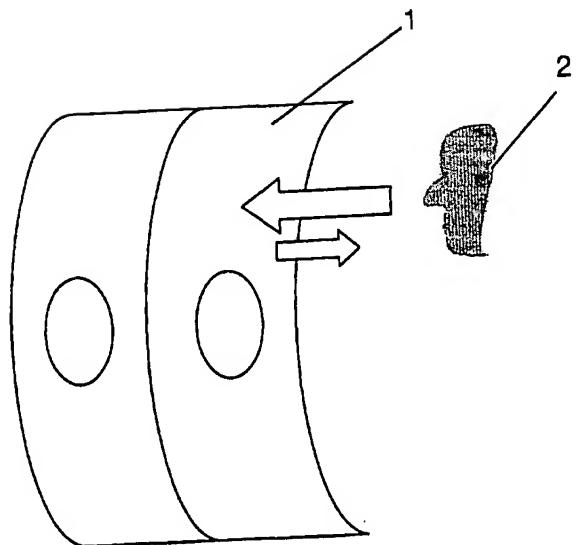


Fig. 1

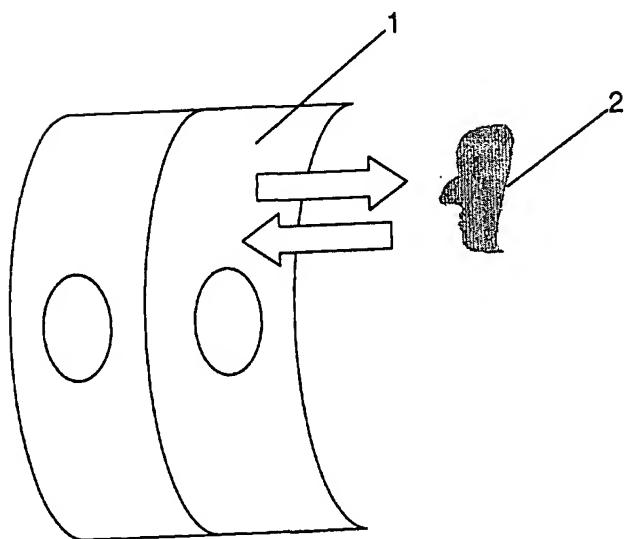


Fig. 2